

Os impactos da adoção de sistemas integrados de produção na agropecuária: uma análise a partir dos Censos Agropecuários 2006 e 2017¹

The impacts of integrated production systems on agriculture: an analysis based on the Brazilian Agricultural Censuses 2006 and 2017

Autores²

Gabriela dos Santos Eusébio (NEA/UNICAMP, gabeusebio@gmail.com)

Alexandre Gori Maia (NEA/UNICAMP, gori@unicamp.br)

Maria do Carmo Ramos Fasiaben (EMBRAPA Informática Agropecuária, maria.fasiaben@embrapa.br)

André Steffens Moraes (EMBRAPA Soja, andre.moraes@embrapa.br)

Grupo de Trabalho (GT4): Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

Resumo

O artigo avalia o impacto de sistemas integrados de produção no rebanho bovino e no valor total da produção agropecuária dos municípios brasileiros. As análises são segmentadas por diferentes indicadores baseados no número de cabeças de bovinos, área de atividade agropecuária e no valor da produção, além de considerar recortes referentes aos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. A estratégia de análise baseia-se em modelos de dados em painel com estimadores de efeitos fixos, usando informações municipais dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017. As estimativas para o Brasil apontam para um impacto positivo dos sistemas integrados na taxa de lotação de bovinos, indicando que o aumento na parcela de áreas dedicadas aos sistemas integrados melhoraria a produtividade da bovinocultura. Tanto o impacto sobre o número médio de bovinos por área quanto o impacto sobre o valor da produção municipal se mostraram diferenciados de acordo com o recorte dos biomas considerados.

Palavras-chave: Integração lavoura-pecuária-floresta, bovinos, produtividade, valor da produção, dados em painel.

Abstract

The paper analyzes the impact of integrated production systems on cattle and on the total value of agricultural production in Brazilian municipalities. The analyzes are segmented by different indicators based on the number of cattle heads, area of agriculture and the value of production, in addition to considering the biomes Amazon, Cerrado and Atlantic Forest. The strategy of analysis is based on panel data models with fixed effect estimators, using municipal information from the Brazilian Agricultural Censuses 2006 and 2017. The estimates for Brazil show a positive impact of integrated systems on the cattle herd, suggesting that increases in the share of areas dedicated to integrated systems would improve the productivity of cattle farming. Both the impact on the average number of cattle per area and the impact on the value of municipal production were differed according to the biomes.

Key words: Crop-livestock-forest integration, cattle, productivity, production value, panel data.

¹ Este trabalho foi produzido no âmbito do projeto temático INCT MC2 (4665501/2014-1), subcomponente Segurança Alimentar.

² Este artigo contou também com a colaboração de Eduardo Delgado Assad (EMBRAPA Informática Agropecuária) e Vanessa Puglieri (Bolsista CNPq DTI-2).



1. Introdução

Entre as ações previstas no Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), com vistas à redução das emissões nacionais, está a promoção de práticas como a integração lavoura-pecuária-floresta. A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema. A integração contribui para recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, promoção e geração de emprego e renda, adoção de boas práticas agropecuárias, melhoria das condições sociais, adequação da unidade produtiva à legislação ambiental e valorização de serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas, tais como: a) conservação dos recursos hídricos e edáficos; b) abrigo para os agentes polinizadores e de controle natural de pragas e doenças; c) fixação de carbono e nitrogênio; d) redução da emissão de gases de efeito estufa; e) reciclagem de nutrientes; f) biorremediação do solo; g) manutenção e uso sustentável da biodiversidade (BRASIL, 2012).

O Brasil vem se destacando no desenvolvimento e promoção de sistemas integrados de produção, reconhecidos como capazes de promover ganhos de produtividade, rentabilidade e aumento da oferta de alimentos, além de ganhos ambientais. A área de adoção estimada de ILP e ILPF para o Brasil é de quase 15 milhões de hectares, de acordo com o Censo Agropecuário 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), com um aumento de 30% em relação à safra de 2014-2015. A estratégia mais utilizada dos sistemas integrados é a integração lavoura-pecuária (ILP), ocupando 83% da área; a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ocupa 9%, a integração pecuária-floresta (IPF) 7% e a integração lavoura-floresta (ILF) 1%. A promoção gradativa de ajustes tecnológicos vem permitindo melhorar a sinergia entre os componentes lavoura, pecuária e floresta em todos os biomas brasileiros (Portal Safras, 2019).

Apesar do crescimento, os sistemas integrados (em particular o ILPF) apresentam alguns desafios para a implantação nas propriedades, como maior exigência de qualificação e dedicação por parte dos produtores, gestores e técnicos, maiores investimentos financeiros e maior complexidade (Portal Safras, 2019). Estudos que tratem de medir o efeito da estratégia de integração sobre a produtividade e o resultado econômico são de fundamental importância para apoiar a sua adoção pelos produtores.

Este trabalho avalia o impacto de sistemas integrados de produção (integração lavoura-pecuária-floresta) na taxa de lotação de bovinos e no valor de produção da agropecuária dos municípios brasileiros. O estudo utiliza uma rica base de informações municipais disponibilizada pelos Censos Agropecuários 2006 e 2017. A análise foi realizada em escala nacional – abrangendo todos os municípios brasileiros –, além de recortes referentes aos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia. Ou seja, o objetivo do trabalho é avaliar o impacto agregado dos sistemas integrados na atividade pecuária do Brasil e de biomas selecionados, ao invés de impactos isolados em produtores que adotam o sistema. O trabalho oferece, assim, elementos importantes para o direcionamento de políticas da produção pecuária sustentável no país.

Os resultados demonstram que o aumento da proporção de áreas com sistemas integrados tem impacto positivo na taxa de lotação de bovinos no agregado nacional. Contudo, a análise dos modelos para os biomas estudados apresenta resultados distintos. Para o bioma



Mata Atlântica os resultados demonstram um impacto positivo e significativo no número de cabeças por área de pastagem, enquanto para a Amazônia esse impacto foi negativo. O impacto do aumento da proporção de áreas com sistemas integrados no valor total da produção se mostrou positivo apenas para os municípios do bioma Mata Atlântica. Já as variáveis de interação entre áreas de sistemas integrados e áreas com cultivos específicos (especialmente soja e milho) mostraram impacto positivo no valor da produção para o Brasil e para o bioma Cerrado.

2. Revisão da literatura

Segundo Hirakuri *et al.* (2012), um sistema de produção pode ser caracterizado como um sistema em integração quando diferentes sistemas de cultivos e/ou de criação são alocados em uma mesma gleba, tendo como objetivo maximizar o uso da área, dos meios de produção, além de diversificar a renda do produtor. Os sistemas integrados podem ser classificados em lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta e lavoura-pecuária-floresta. Diversos trabalhos relatam a importância dos sistemas integrados de produção, seja em relação aos aspectos produtivos, como aumentos na produção e na produtividade (Costa *et al.*, 2018; Cortner *et al.*, 2019; Gasparini *et al.*, 2017), seja em relação aos aspectos ambientais e de mudanças climáticas (Thamo *et al.*, 2017; Moraes *et al.*, 2014; Schembergue *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2018; Gnonlonfoun *et al.*, 2019; Koch *et al.*, 2019). Além disso, estudos ressaltam a relevância da adoção de sistemas integrados de produção para a melhoria da renda agrícola e do emprego (Moraes *et al.*, 2014; Behling *et al.*, 2014; Cortner *et al.*, 2019; Gasparini *et al.*, 2017).

Entre os benefícios da adoção do sistema de produção integrado, destaca-se a melhoria da qualidade do solo, podendo ser utilizada para a recuperação de áreas e de pastagens degradadas (Gasparini *et al.*, 2017; Moraes *et al.*, 2014; Behling *et al.*, 2014). Esse aspecto é particularmente importante quando se analisa a integração lavoura-pecuária-floresta, que se caracteriza pela integração de atividades agropecuárias e florestais. Segundo Balbino, Barcellos e Stone (2011), em geral, as atividades de lavoura podem ser utilizadas para custeio da implantação das atividades pecuária ou florestal, que geram renda no médio e no longo prazo. Por se tratar de uma organização mais complexa, variáveis relacionadas à gestão e ao manejo são determinantes para a viabilidade desses sistemas produtivos (Cortner *et al.*, 2019; Vilela, Martha Junior e Marchão, 2012).

Gil, Garrett e Berger (2016), em seu estudo sobre os determinantes da ocorrência da integração lavoura-pecuária no Mato Grosso, destacam que o conhecimento e acesso à informação apresentam papel importante na adoção do sistema integrado. Os autores também destacam a importância da disponibilidade de capital e de mão de obra qualificada. Gasparini *et al.* (2017) ressalta a importância de mão de obra qualificada, principalmente na gestão da atividade produtiva, além das dificuldades na gestão de custos de oportunidades entre pecuária e produção agrícola.

A adoção de sistemas integrados de produção depende de variáveis socioeconômicas, como acesso à informação, à assistência técnica, às linhas de financiamento e posse da terra (Schembergue *et al.*, 2017; Gasparini *et al.*, 2017; Cortner *et al.*, 2019; Gil, Garrett e Berger, 2016) e variáveis agronômicas, como disponibilidade de recursos hídricos e qualidade do solo (Schembergue *et al.*, 2017). Além disso, variáveis climáticas também influenciam na adoção de sistemas integrados, uma vez que a prática desse sistema de produção é vista como uma

medida adaptativa às mudanças climáticas (Koch *et al.*, 2019; Gnonlonfoun *et al.*, 2019; Thamo *et al.*, 2017).

Apesar das dificuldades para a adoção de um sistema integrado de produção, ele pode trazer uma série de benefícios, como o aumento da produção e da produtividade de grãos, aumento na taxa de lotação de animais, melhor conforto térmico para os animais e para o sistema solo-planta-animal, além de benefícios para o produtor, como maior rendimento, melhoria na qualidade do emprego, diminuição da vulnerabilidade quanto aos rendimentos e às mudanças climáticas. O presente trabalho busca compreender os impactos dos sistemas integrados de produção na taxa de lotação e no valor da produção dos municípios brasileiros.

3. Materiais e métodos

Os dados utilizados nas análises são referentes aos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, realizados pelo IBGE. O censo agropecuário abrange a totalidade de estabelecimentos agropecuários do país, ou seja, todo estabelecimento com produção dedicada, mesmo que parcialmente, à exploração agropecuária, florestal ou aquícola, independentemente de tamanho e forma jurídica (IBGE, 2019). No Censo Agropecuário 2006, o período de referência das informações é entre 1º de janeiro e 31 de dezembro de 2006. No Censo Agropecuário 2017, o período de referência é entre 1º de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017. A data de referência utilizada para as informações referentes à população ocupada, estoques, efetivos de pecuária, lavouras permanentes e silvicultura, e outros dados estruturais, é o dia 31 de dezembro no censo 2006 e 30 de setembro no censo 2017 (IBGE, 2019).

O Censo Agropecuário 2006 entrevistou 5.175.636 estabelecimentos agropecuários e o de 2017 entrevistou 5.068.445 estabelecimentos agropecuários, com informações referentes a produção, tecnologia, manejo do solo, capital humano e social, áreas e financiamento. Os dados dos estabelecimentos foram agregados em 5.548 municípios em cada ano. As variáveis relacionadas a valores de produção foram deflacionadas utilizando o Índice de preços ao consumidor amplo (IPCA – IBGE), tendo como base os períodos de referência dos dois censos agropecuários (entre 1º de julho de 2006 e 1º de abril de 2017).

Variáveis de análise

A variável de interesse da análise corresponde a sistemas integrados de produção. No censo agropecuário, essa informação é encontrada no dicionário como “matas (nativas ou plantadas) que também eram utilizadas para lavouras ou pastejo de animais (integração lavoura-floresta-pecuária)”. Segundo as notas técnicas do censo agropecuário 2017, essa questão refere-se “às áreas ocupadas com o sistema agroflorestal de produção, baseado em consórcios ou combinações de espécies florestais variadas (árvores ou palmáceas), produtivas ou não, com agricultura diversificada ou criação de animais, geralmente em modo intensivo e em escala reduzida.” (IBGE, 2019). Essa informação está disponível para números de estabelecimentos e para área dos estabelecimentos, e integra o conjunto de informações a respeito da distribuição da área total dos estabelecimentos agropecuários.

A variável de interesse corresponde à proporção de sistemas integrados em cada município calculada dividindo o total da área declarada pelos estabelecimentos com sistema integrados e o valor da área total declarada pelos estabelecimentos em cada município. A Tabela

1 apresenta um aumento na proporção da área dos estabelecimentos com sistema integrado entre 2006 e 2017, que passou de 2,5% para 3,9%. Esse aumento na proporção da área com sistemas integrados também ocorreu nos dois principais biomas de produção pecuária do país, Mata Atlântica e Cerrado, que passaram, respectivamente, de 1,4% para 1,8% e de 2,2% para 3,1% em 2017. Ademais, o número de estabelecimentos agropecuários com áreas de sistemas integrados também aumentou nos municípios durante esse período (de 305.825 em 2006 para 490.541 em 2017).

As variáveis dependentes incluem quatro variáveis relacionadas à bovinocultura e três variáveis relacionadas ao valor total da produção. As variáveis referentes a bovinocultura são: log do número de cabeças de bovinos total por área total de pastagem no município (taxa de lotação); log do número de cabeças por hectare de área total dos estabelecimentos no município; log do número de bovinos por estabelecimento com bovinos no município; e log do número total de cabeças de bovinos no município. As variáveis referentes ao valor total da produção incluem: log do valor bruto de todos os tipos de produção agropecuária no município (VBP); log do VBP por hectare de pastagem no município; log do VBP por estabelecimento no município.

Entre 2006 e 2017, houve uma pequena redução no número de cabeças de bovinos, e também na área total de pastagens, resultando em uma diminuição na taxa de lotação por hectare de pastagem. Essa redução também ocorreu em todos os biomas analisados.

As variáveis de controle consideradas nas análises referem-se ao capital humano e social, tecnologia, manejo do solo e acesso ao crédito. Por se tratarem de variáveis agregadas municipais, são utilizados valores de proporção dessas variáveis nos municípios, e estão listados na Tabela 1.

Tabela 1– Valores municipais das variáveis de controle empregadas na análise, Brasil.

Variável	Descrição	2006	2017
Estabelecimentos	Número de estabelecimentos agropecuários - total	5.175.636	5.068.445
Área total	Área total dos estabelecimentos (milhões hectares)	333,68	350,25
Área de pastagem	Soma das áreas de pastagens naturais, degradadas e em boas condições (milhão de hectares)	160,00	158,34
Nº Sistema Integrado	Total de estabelecimentos com área de sistema integrado	305.825	490.541
% Sistema Integrado	número de estabelecimentos com sistema integrado/número de estabelecimentos total	5,9%	9,7%
Número de cabeças	Número de cabeças de bovinos total (milhões de cabeças)	176,15	171,85

Cabeças/hectare de pastagem	Número de cabeças de bovinos total/área de pastagem total	1,10	1,09
Área com Sist. Int.	Área dos estabelecimentos com sistema integrado (milhões de hectares)	8,27	13,57
Proporção Sist. Int.	Área dos estabelecimentos com sistema integrado /área total	2,5%	3,9%
Alfabetização	% de estabelecimentos chefiados por pessoas com não mais que alfabetização de jovens e adultos	5,3%	14,6%
Ensino Fundamental	% de estabelecimentos chefiados por pessoas ensino Fundamental	50,8%	49,2%
Ensino Médio	% de estabelecimentos chefiados por pessoas ensino Médio	7,3%	14,9%
Ensino Superior	% de estabelecimentos chefiados por pessoas ensino superior	2,8%	5,8%
Nunca frequentou	% de estabelecimentos chefiados por pessoas que nunca frequentaram escola	33,7%	15,4%
Tratores	Número de estabelecimentos com tratores/número de estabelecimentos total	10,2%	14,5%
Agrotóxicos	Número de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos/número de estabelecimentos total	27,0%	33,2%
Associados ou cooperados	Número de estabelecimentos associados ou cooperados/número de estabelecimentos total	41,1%	39,2%
Assistência técnica	Número de estabelecimentos com acesso à assistência técnica/número de estabelecimentos total	22,1%	19,9%
Controle de doenças	Número de estabelecimentos que realizaram controle de doenças/número de estabelecimentos total	51,1%	61,9%
Financiamento	Número de estabelecimentos que obtiveram financiamento/número de estabelecimentos total	17,8%	15,5%
Financiamento Governo	Número de estabelecimentos que obtiveram financiamento do	15,1%	8,2%

governo/número de estabelecimentos
total

Irrigação	Número de estabelecimentos que utilizam irrigação/número de estabelecimentos total	6,41%	9,9%
-----------	--	-------	------

Fonte: IBGE (SIDRA), Censo Agropecuário (2006), Censo Agropecuário (2017).

Estratégia Empírica

A relação entre sistemas integrados e produção agropecuária foi analisada a partir de modelos para dados em painel. As unidades de corte-transversal (i) são os 5.548 municípios e as unidades temporais (t) são os anos 2006 e 2017. O modelo pode ser genericamente representado por:

$$Y_{it} = \delta SAF_{it} + \mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta} + c_i + d_t + \varepsilon_{it}$$

Em que Y representa a variável resultado de interesse; SAF é a proporção da área dos estabelecimentos com sistemas integrados de produção; δ mede o impacto da variação da proporção da área com sistemas integrados sobre Y ; o vetor \mathbf{x} contém as variáveis de controle (Tabela 1); $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de coeficientes associados às variáveis de controle; c é a heterogeneidade municipal não observada que é constante no tempo (aptidão agrícola do solo e acesso a mercados, por exemplo); d é a heterogeneidade temporal não observada que é constante entre os municípios (ciclos econômicos e política agrícola, por exemplo); e ε é o erro idiossincrático aleatório.

A heterogeneidade municipal c foi controlada utilizando estimadores de efeitos fixos. Estimadores que indevidamente não controlam esses fatores seriam inconsistentes caso a heterogeneidade individual c esteja associada ao erro idiossincrático ε . De maneira análoga, utilizamos variáveis binárias para controlar a heterogeneidade temporal d e obter estimativas consistentes dos parâmetros do modelo.

3. Resultados

Para avaliar o impacto de sistemas de produção integrados (integração lavoura-pecuária-floresta) no número de cabeças de bovinos, foram estimados quatro modelos com variáveis dependentes diferentes. O primeiro modelo capta o efeito da proporção de áreas com sistema integrado no número de cabeças de bovinos por estabelecimentos agropecuários com bovinos (modelo B1). O segundo e o terceiro modelo avaliam o impacto sobre o número de cabeças de bovinos em relação à área de pastagem (modelo B2) e o número de cabeças de bovinos em relação à área total (modelo B3). Já o modelo B4 capta o efeito dos sistemas integrados no número total de cabeças de bovinos. Foi aplicado o logaritmo nas variáveis dependentes em todos os quatro modelos.

Todos os modelos incluem controles referentes ao capital humano e social (nível de escolaridade e se os produtores fazem parte de associações ou cooperativas), tecnologia, manejo do solo e produção (tratores, uso de irrigação, se faz uso de controle de doenças, uso de agrotóxicos, acesso à assistência técnica, uso de suplementação), além de acesso a financiamento (variáveis na Tabela 1).

O impacto do aumento da proporção da área de sistemas integrados no número de cabeças por área de pastagem foi positivo e significativo (Tabela 2). O aumento em 1 ponto percentual (p.p) na proporção da área de sistemas integrados esteve associado ao aumento de 0,47% no número de cabeças por hectare de pastagem (modelo B2). Já o efeito no logaritmo do número de cabeças por área total foi de 0,52%. Por outro lado, o aumento na proporção de área de sistemas integrados de 1 p.p. apresentou um efeito negativo sobre o número de bovinos total (0,28%). Ou seja, o aumento na proporção de áreas de sistemas integrados tende a ter um efeito positivo no número médio de cabeças por área, indicando um aumento na produtividade, apesar de ter impacto negativo no número total de cabeças de bovinos. Resultado esperado, uma vez que os produtores estariam ocupando parcela da área dos estabelecimentos com outras atividades.

Tabela 2- Estimções dos modelos para bovinocultura, em logaritmo, Brasil.

Variável	Modelo							
	Modelo B1		Modelo B2		Modelo B3		Modelo B4	
Proporção Sist. Integrados	-0,054		0,477	***	0,529	***	-0,282	***
	(0,047)		(0,077)		(0,122)		(0,056)	
Ano 2017	-0,134	***	-0,072	***	0,405	***	-0,399	***
	(0,012)		(0,020)		(0,032)		(0,015)	
Silvicultura	-0,006		0,001		-0,014		-0,005	
	(0,008)		(0,014)		(0,022)		(0,01)	
Algodão	2,170	**	1,953		4,159	*	2,856	***
	(0,683)		-1,131		-1,783		(0,820)	
Cana-de-açúcar	-0,249	***	0,308	***	-0,816	***	-0,36	***
	(0,038)		(0,066)		(0,101)		(0,046)	
Milho	-0,112	**	0,147	*	-0,821	***	-0,077	
	(0,035)		(0,059)		(0,093)		(0,042)	
Soja	-0,09	*	0,058		-0,115		-0,084	
	(0,042)		(0,069)		(0,109)		(0,050)	
Área entre 5 e 100 ha	0,096	*	-0,506	***	-0,520	***	-0,125	*
	(0,048)		(0,079)		(0,125)		(0,057)	
Área entre 100 e 2.500 ha	1,465	***	-1,251	***	-0,241		-0,291	*
	(0,097)		(0,161)		(0,253)		(0,116)	
Área 2.500 ha ou mais	2,465	***	-0,05		-11,172	***	-1,353	*
	(0,545)		(0,904)		-1,422		(0,654)	
Financiamento	-0,21	***	0,183	*	-1,659	***	-0,187	**
	(0,05)		(0,083)		(0,132)		(0,060)	
Irrigação	0,004	***	0,009	***	0,023	***	0,002	
	(0,001)		(0,001)		(0,003)		(0,001)	
Tratores	1,156	***	0,737	***	2,005	***	-0,062	
	(0,06)		(0,100)		(0,157)		(0,072)	
Agrotóxico	0,078	*	-0,126	*	-0,257	**	0,302	***
	(0,032)		(0,054)		(0,085)		(0,039)	

Assistência	0,012 (0,030)		0,113 (0,049)	*	0,553 (0,078)	***	-0,111 (0,036)	**
Controle Doenças	-0,298 (0,034)	***	0,026 (0,057)		0,583 (0,090)	***	0,315 (0,041)	***
Suplementação	0,118 (0,024)	***	0,175 (0,040)	***	0,499 (0,063)	***	0,465 (0,029)	***
Associados ou cooperados	-0,036 (0,027)		-0,028 (0,046)		-0,028 (0,072)		-0,06 (0,033)	
Segundo grau	-0,006 (0,083)		-0,335 (0,138)	*	-0,065 (0,219)		0,344 (0,100)	***
Superior	0,094 (0,100)		-0,058 (0,166)		-4,119 (0,261)	***	0,808 (0,120)	***
Constante	3,475 (0,032)	***	0,529 (0,053)	***	-1,313 (0,084)	***	9,355 (0,038)	***
R ²	0,275		0,053		0,480		0,208	
F	84,351		12,510		205,517		58,396	

*** p < 0,1%; ** p < 1%; * p < 5%

Fonte: Censo Agropecuário 2006 e 2017.

Entre as variáveis de controle constam as razões³ de área com as principais culturas encontradas em sistemas de produção integrados: silvicultura, algodão, cana-de-açúcar, milho e soja. Para a análise, foram consideradas como áreas de silvicultura, aquelas dedicadas ao cultivo de pinheiro americano (pinus) e eucalipto. Essas variáveis foram incluídas no modelo por representarem uma proxy para o custo de oportunidade dos produtores em escolher a bovinocultura. Vale destacar os resultados para razão de área cultivada com milho, que demonstrou um efeito negativo nos modelos de bovinocultura, com diferentes níveis de significância, exceto no modelo B2. A proporção de área de cana-de-açúcar teve impacto significativo (a 0,1%) em todas as variáveis dependentes, sendo positivo para número de cabeças de bovinos por hectare de pasto e negativo para os demais modelos. Verifica-se, ainda, que a razão de área de silvicultura não teve impacto significativo sobre nenhuma das variáveis dependentes.

Os modelos também foram estimados para os biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia. A Tabela 3 resume (em termos do nível de significância) o efeito do aumento da proporção de áreas de sistemas integrados segundo os modelos estudados. Destaque-se que, para o Cerrado e para a Mata Atlântica, os modelos sugerem que o impacto do aumento da proporção de áreas com sistemas integrados é positivo no número de cabeças por área de pastagem (modelo B2), porém esse efeito não se mantém para número de cabeças total (modelo B4). Para o bioma Amazônia, os resultados não foram significativos, com exceção do número de cabeças de bovinos/área de pastagem (modelo B2), onde o efeito se mostrou negativo.

³ A variável corresponde a uma razão, uma vez que a área total colhida de algumas culturas, em hectares, pode ser superior à área total do estabelecimento devido a existência de mais de uma colheita anual.

Tabela 3– Sinal e nível de significância das estimativas para a proporção de áreas de sistemas integrados de produção conforme os modelos de bovinos estudados, por bioma.

Bioma	Modelo B1	Modelo B2	Modelo B3	Modelo B4
Brasil	NS	+ 0,1%	+ 0,1%	- 0,1%
Cerrado	- 1%	+ 1%	NS	- 1%
Mata Atlântica	NS	+ 0,1%	+ 5%	NS
Amazônia	NS	- 1%	NS	NS

NS = Não significativo

Fonte: Censo Agropecuário 2006 e 2017.

Os impactos das áreas com cultivos específicos variaram conforme o bioma analisado (Tabela 4). Vale destacar o impacto positivo do cultivo de algodão, cana-de-açúcar e soja no número de cabeças por área de pastagem (modelo B2) no Cerrado. Na Mata Atlântica, os efeitos da cana-de-açúcar e do milho foram positivos para o número de cabeças por área de pastagem. Já para a Amazônia, o impacto foi positivo, no modelo B2, para o algodão e o milho.

Tabela 4– Sinal e nível de significância das estimativas para a razão de áreas de culturas específicas conforme os modelos de bovinos estudados, por bioma.

Razão de área culturas/modelo/bioma	Modelos	Silvi- cultura	Algodão	Cana-de- açúcar	Milho	Soja
Cerrado	B1	NS	+ 1%	NS	NS	NS
	B2	NS	+ 1%	+ 1%	NS	+ 0,1%
	B3	NS	+ 5%	- 0,1%	NS	NS
	B4	NS	+ 1%	NS	NS	NS
Mata Atlântica	B1	NS	NS	- 0,1%	- 5%	- 5%
	B2	NS	NS	+ 0,1%	+ 5%	NS
	B3	NS	+ 1%	- 0,1%	- 0,1%	NS
	B4	NS	NS	- 0,1%	NS	- 5%
Amazônia	B1	NS	+ 1%	NS	NS	NS
	B2	NS	+ 5%	NS	+ 1%	NS
	B3	NS	NS	NS	NS	NS
	B4	NS	NS	NS	NS	- 5%

NS = Não significativo

Fonte: Censo Agropecuário 2006 e 2017.

O trabalho também analisou o impacto da proporção de áreas com sistemas integrados no município sobre o valor total da produção. Foram estimados modelos para três variáveis dependentes: log do valor total da produção (modelo VP1); log do valor total da produção por área total do município (modelo VP2); e log do valor total da produção por número de estabelecimentos agropecuários no município (modelo VP3). Os resultados indicam que o aumento na proporção da área de sistemas integrados está usualmente associado a uma variação negativa no valor da produção total dos municípios (Tabela 5).

Todavia, o impacto no VBP pode ser positivo dependendo do tipo de atividade agrícola que é praticada em conjunto com a pecuária. Para avaliar os impactos diferenciados dos sistemas integrados de produção no VBP segundo o tipo de cultura, foram incluídas interações entre duas variáveis: a proporção de área de sistemas integrados e a proporção de áreas de cultivos específicos (silvicultura, milho, cana-de-açúcar, soja, algodão e milho e sorgo forrageiros). Apesar de os resultados mostrarem impacto negativo do aumento das áreas de sistemas integrados no logaritmo do valor total da produção, o modelo para o Brasil demonstra que quando a produção era integrada com o cultivo de milho ou de soja, o impacto no valor da produção foi positivo nos três modelos.

Tabela 5– Estimativas dos modelos para o logaritmo do Valor Total da Produção, Brasil.

Variável	Modelo VP1		Modelo VP2		Modelo VP3	
Proporção Sistemas Integrados	-0,522	**	-0,398	*	-0,445	**
	(0,1733)		(0,172)		(0,172)	
Ano 2017	1,899	***	1,996	***	1,906	***
	(0,0415)		(0,041)		(0,041)	
Proporção Sist. Int. X Silvicultura	5,182		2,235		1,239	
	-72,424		-7,213		-7,188	
Proporção Sist. Int. X Algodão	170,837		122,867		146,136	
	-97,181		-96,789		-96,456	
Proporção Sist. Int. X Cana-de-açúcar	-18,144	*	-6,381		-13,889	
	-8,338		-8,305		-8,276	
Proporção Sist. Int. X Milho	9,790	**	9,014	**	8,476	**
	(3,14)		-3,127		-3,116	
Proporção Sist. Int. X Soja	31,782	***	26,678	***	29,190	***
	-53,488		-5,327		-5,308	
Proporção Sist. Int. X Milho + Sorgo	-4,084		-6,411		-5,560	
	-11,224		-11,179		-11,141	
Silvicultura	-0,015		-0,005		-0,006	
	(0,033)		(0,033)		(0,033)	
Algodão	-2,723		-1,671		-3,310	
	-2,489		-2,479		-2,470	
Cana de açúcar	0,571	***	0,420	***	0,726	***
	(0,127)		(0,126)		(0,126)	
Milho	0,734	***	0,825	***	0,794	***

	(0,126)		(0,125)		(0,125)	
Soja	0,266		0,287	*	0,273	
	(0,140)		(0,139)		(0,139)	
Milho e sorgo forrageiro	-0,415		-0,355		-0,470	
	(0,328)		(0,327)		(0,326)	
Área entre 5 e 100 ha	-0,386	*	-0,687	***	0,355	*
	(0,157)		(0,156)		(0,156)	
Área entre 100 e 2.500 ha	-1,645	***	-2,793	***	0,657	*
	(0,318)		(0,316)		(0,316)	
Área 2.500 ha ou mais	15,343	***	9,030	***	20,358	***
	-1,786		-1,779		-1,772	
Financiamento	0,094		0,054		0,2304	
	(0,166)		(0,165)		(0,165)	
Irrigação	-0,008	*	0,010	*	-0,002	
	(0,003)		(0,003)		(0,003)	
Tratores	2,989	***	3,532	***	4,211	***
	(0,198)		(0,197)		(0,197)	
Agrotóxico	0,597	***	0,443	***	0,439	***
	(0,108)		(0,107)		(0,107)	
Assistência	-0,038		0,148		0,082	
	(0,098)		(0,098)		(0,098)	
Controle Doenças	-0,288	*	-0,008		0,036	
	(0,113)		(0,113)		(0,112)	
Suplementação	-1,172	***	-1,389	***	-1,200	***
	(0,079)		(0,078)		(0,078)	
Associados ou cooperados	0,061		0,033		-0,011	
	(0,091)		(0,090)		(0,090)	
Segundo grau	-0,762	**	-0,818	**	-1,264	***
	(0,274)		(0,273)		(0,272)	
Superior	-0,433		-1,105	***	-0,832	*
	(0,328)		(0,327)		(0,326)	
Constante	8,936	***	-1,208	***	1,445	***
	(0,105)		(0,104)		(0,104)	
R2	0,753		0,759		0,767	
F	499,787		518,947		543,199	

*** p < 0,1%; ** p < 1%; * p < 5%

Fonte: Censo Agropecuário 2006 e 2017.

O efeito do aumento da proporção da área de sistemas integrados também variou significativamente de acordo com o bioma analisado. Para o Cerrado, esse efeito se mostrou negativo, porém, na Mata Atlântica, o aumento na proporção da área de sistemas integrados

apresentou um impacto positivo no logaritmo do valor total da produção. Para a Amazônia, os resultados não foram significantes. Os resultados para os biomas são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Sinais e significância das estimativas para a proporção de área com Sistemas Integrados no valor da produção conforme modelos para o VBP, por biomas.

Bioma	Modelo VP1	Modelo VP2	Modelo VP3
Brasil	- 1%	- 5%	- 1%
Cerrado	- 0,1%	- 1%	- 0,1%
Mata Atlântica	+ 5%	+ 1%	+ 5%
Amazônia	NS	NS	NS

NS = Não significativo.

Fonte: Resultados da pesquisa.

A Tabela 7 mostra que o efeito das interações entre as áreas de sistemas integrados e áreas de cultivos específicos em relação ao valor da produção, variou de acordo com os biomas analisados. Para o Cerrado, as interações que apresentaram efeito positivo, com diferentes níveis de significância, foram aquelas com áreas de silvicultura (modelo VP1), de soja (modelos VP1 e VP3) e de milho (todos os modelos). Para a Mata Atlântica, apenas a interação entre áreas de sistemas integrados e soja apresentou efeito positivo (no modelo VP1). Para o Bioma Amazônia, as interações entre áreas de sistemas integrados e silvicultura foram positivas nos modelos VP1 e VP3, e negativas para milho no modelo VP2.

Tabela 7- Sinais e significância das estimativas para a interação entre Sistemas Integrados e culturas conforme modelos para o VBP, por Bioma.

Interação Sistemas Integrados e culturas / Modelo / Bioma		Silvicultura	Algodão	Cana-de-açúcar	Milho	Soja	Milho + sorgo forrag.
Cerrado	VP1	+1%	NS	NS	+0,1%	+1%	NS
	VP2	NS	NS	NS	+0,1%	NS	NS
	VP3	NS	NS	NS	+0,1%	+1%	NS
Mata Atlântica	VP1	NS	NS	NS	NS	+5%	NS
	VP2	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	VP3	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Amazônia	VP1	+5%	NS	NS	NS	NS	NS
	VP2	NS	NS	NS	-5%	NS	NS
	VP3	+5%	NS	NS	NS	NS	NS

NS = Não significativo

Fonte: Resultados da pesquisa.

O impacto da razão de área das diferentes culturas em relação ao valor total da produção foi diferente, dependendo do bioma analisado. Para o Cerrado, as áreas dedicadas aos cultivos de cana-de-açúcar, milho e soja apresentaram um impacto positivo no logaritmo do valor total da produção para os três modelos, com diferentes níveis de significância. A análise para a Mata Atlântica apresentou impacto positivo no valor da produção nas áreas dedicadas ao cultivo de milho nos três modelos, e de cana-de-açúcar no VP3. Já no caso da Amazônia, as áreas dedicadas ao cultivo de soja (modelos VP1 e VP3), milho (VP2) e cana-de-açúcar (nos três modelos) apresentaram impacto positivo no valor da produção. Os resultados das estimações para os biomas são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8- Sinais e significância das estimativas para a razão de área das culturas conforme modelos de VBP, por bioma.

Razão de área com culturas / Modelo / Bioma		Silvicultura	Algodão	Cana-de-açúcar	Milho	Soja	Milho + sorgo forrag.
Cerrado	VP1	NS	NS	+0,1%	+0,1%	+5%	NS
	VP2	NS	NS	+0,1%	+0,1%	+1%	NS
	VP3	NS	NS	+0,1%	+0,1%	+1%	NS
Mata Atlântica	VP1	NS	NS	NS	+1%	NS	NS
	VP2	NS	NS	NS	+1%	NS	NS
	VP3	NS	NS	+5%	+1%	NS	NS
Amazônia	VP1	NS	NS	+0,1%	NS	+1%	NS
	VP2	NS	NS	+0,1%	+1%	NS	NS
	VP3	NS	NS	+0,1%	NS	+1%	NS

NS = Não significativo

Fonte: Resultados da pesquisa.

Na Tabela 9 apresenta-se o nível de significância das variáveis de controle para os três modelos do valor da produção, por bioma. Nessa tabela, vale ressaltar o impacto da variável referente à proporção de estabelecimentos com tratores - utilizada como uma proxy para uso de tecnologia -, que apresentou impactos positivos significativos nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, não sendo, entretanto, significante para o bioma Amazônia.

Tabela 9- Sinais e significância das estimativas para as variáveis de controle conforme modelos de valor da produção, por bioma.

Variáveis controle	Cerrado			Mata Atlântica			Amazônia		
	VP1	VP2	VP3	VP1	VP2	VP3	VP1	VP2	VP3
Financiamento	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Área irrigada	NS	NS	1%	NS	NS	1%	NS	NS	NS
Tratores	1%	+0,1%	+0,1%	+0,1%	+0,1%	+0,1%	NS	NS	NS
Uso de agrotóxicos	NS	NS	NS	1%	5%	NS	NS	-5%	NS
Assistência técnica	NS	1%	NS	NS	5%	NS	NS	NS	NS
Controle de doenças	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1%	+0,1%	+0,1%
Suplementação (sal)	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%
Associações	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Escolaridade média	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-5%	-5%	-1%	1%	5%	1%
Escolaridade superior	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-1%	-0,1%	-0,1%	NS	NS	NS

NS = Não significativo

Fonte: Resultados da pesquisa.

4. Conclusão

Os resultados apresentados fazem parte de um esforço inicial na tentativa de explicar o impacto do aumento das áreas de sistemas integrados na produtividade da bovinocultura e no valor total da produção agropecuária municipal. Os resultados das estimativas realizadas para o país apontam para um impacto positivo na taxa de lotação de bovinos, mas não no número total de bovinos, o que pode indicar que o aumento de áreas dedicadas aos sistemas integrados melhora a produtividade da bovinocultura. Contudo, a análise por biomas apresentou resultados distintos. Enquanto o impacto do aumento de áreas de sistemas integrados foi positivo em relação ao número de cabeças/área de pastagem (taxa de lotação) para a Mata Atlântica e Cerrado, ele foi negativo para a Amazônia.

O impacto do aumento das áreas de sistemas integrados no valor total da produção também foi distinto, dependendo do recorte analisado. Para a Mata Atlântica, o impacto se mostrou positivo, diferentemente dos resultados encontrados para o Brasil e para o Cerrado. Já para a Amazônia, o efeito não foi significativo. Em relação às interações entre as áreas de sistemas integrados e as áreas de cultivos específicos, os resultados foram diferentes, dependendo do recorte adotado. Para o Brasil, destaca-se o efeito positivo das interações entre as áreas de sistemas integrados e a área com milho e a área com soja no logaritmo do valor total da produção. Para os biomas, os efeitos entre a interação de áreas de sistemas integrados e as áreas de cultivos específicos dependeram do tipo de cultivo. Para o Cerrado, destacou-se o efeito positivo das interações entre os sistemas integrados com áreas de milho, soja e silvicultura. Para a Mata Atlântica destaca-se a interação com as áreas de milho e, para a Amazônia, a interação com as áreas de silvicultura.

Uma das limitações do modelo consiste na utilização de dados agregados municipais. A utilização de dados por estabelecimentos agropecuários possibilitaria uma análise mais precisa sobre os impactos dos sistemas integrados, principalmente no bioma Amazônia. Além disso, o modelo pode apresentar endogeneidade. Um tema de interesse para desdobramento desta

pesquisa consiste na análise de *clusters*, que possibilitará o agrupamento de municípios em grupos mais homogêneos, visando diminuir a influência de fatores não observáveis.

Referências

- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: Embrapa, 127 p., (2011).
- BEHLING, M. *et al.* Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). In: FUNDAÇÃO MT. **Boletim de pesquisa de soja**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 306 -325, (2014).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p. ISBN 978-85-7991-062-0
- COSTA, M.P.; SCHOENEBOOM, J.C.; OLIVEIRA, S. A.; VINÃS, R.S.; MEDEIROS, G.A. A socio-eco-efficiency analysis of integrated and non-integrated crop-livestock-forestry systems in the Brazilian Cerrado based on LCA. **Journal of Cleaner Production**. V 171, p1460-1471. (2018).
- CORTNER, O.; GARRETT, R.; VALENTIM, J.F.; FERREIRA, J.; NILES, M.T.; REIS, J. GIL, J. Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**. n. 82, 841–853. (2019).
- GASPARINI, L.V.L.; COSTA, T.S.; HUNGARO, O.A.L.; SZNITOWSKI, A.M.; VIEIRA FILHO, J.E.R. Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: Estudos de casos no Mato Grosso. **Texto para discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. (2017).
- GIL, J.D.B.; GARRETT, R.; BERGER, T. Determinants of crop-livestock integration in Brazil: Evidence from the household and regional levels. **Land Use Policy**. n59, 557–568. (2016).
- GNONLONFON, I.; ASSOGBADJO, A.E.; GNANGLÈ, C.P.; KALAI, R.L.G. New indicators of vulnerability and resilience of agroforestry systems to climate change in West Africa. **Agronomy for Sustainable Development**. v 39, (2019).
- HIRAKURI, M. H. *et al.* Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola. **Documentos**, Londrina, n. 335, (2012).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017 – Notas técnicas. Rio de Janeiro: IBGE, p. 1-105. (2019).
- KOCH, N.; ERMGASSEN, E.; WEHKAMP, J.; OLIVEIRA FILHO, F.J.B.; SCHWERHOFF, G. Agricultural productivity and forest conservation. Evidence from the Brazilian Amazon. **Amer. J. Agr. Econ.** 0(0): 1–22; (2019). doi: 10.1093/ajae/aay110
- MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.B.C.; COSTA, S.E.V.G.A.; KUNRATH, T.R.; Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **Europ. J. Agronomy** . N.57. p 4–9. (2014).

PORTAL SAFRAS. Sistema ILPF alcança quase 15 milhões de hectares. Portal Revista Safra, 23 de abril de 2019. Disponível em: <<http://revistasafra.com.br/sistema-ilpf-alcanca-quase-15-milhoes-de-hectares/>> Acesso em: 14 abr 2020.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D.A.; CARLOS, S.M.; PIRES, M.V.; FARIA, R.M. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Piracicaba-SP, Vol. 55, No 01, p. 009-030. (2017).

THAMO, T.; ADDAI, D.; PANNELL, D.J.; ROBERTSON, M.J.; THOMAS, D.T.; YOUNG, J.M. Climate change impacts and farm-level adaptation: Economic analysis of a mixed cropping–livestock system. **Agricultural Systems**. N 150 . p99–108. (2017).

Thematic Project: INCT MC Phase 2 (National Institute of Science and Technology for Climate Change – Phase 2), Report Year 1.(2018).

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa para intensificação do uso da terra. **Revista UFG**, ano 13, n. 13, (2012).

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas - INCT-MC (CHAMADA INCT – MCTI/CNPq/CAPES/FAPs nº 16/2014), ao CNPq, Capes, Fapesp e à Rede Clima - Subrede Clima e Agricultura do MCTIC pelo apoio financeiro e tecnológico.